
Presentación

CLAUDIA VANNEY

Instituto de Filosofía
Universidad Austral
C1063ABB Buenos Aires (Argentina)
cvanney@austral.edu.ar

Abstract: In the last century the question of determinism/indeterminism in nature has arisen anew in physics (quantum mechanics, chaos theory), biology (evolutionary biology, developmental biology, complexity theory), and neuroscience (the question of free will). This paper argues that it is necessary to differentiate correctly the epistemological, ontological and methodological levels of this question in order to evaluate the range and limits of new theories and to confront the recurrent problem of reductionism.

Keywords: Determinism, indeterminism, epistemology, ontology, reductionism, philosophy of nature.

Resumen: En el último siglo la cuestión del determinismo/indeterminismo de la naturaleza se ha presentado de manera renovada tanto en la física (mecánica cuántica, teoría del caos), como en la biología (teoría de la evolución, biología del desarrollo, teoría de la complejidad) y en las neurociencias (problema de la libertad). Es necesario hacer una correcta diferenciación de los niveles epistemológicos, ontológicos y metodológicos en juego a fin de evaluar tanto el alcance como los límites de las nuevas teorías y afrontar así adecuadamente el recurrente problema del reduccionismo.

Palabras clave: Determinismo, indeterminismo, epistemología, ontología, reduccionismo, filosofía de la naturaleza.

RECIBIDO: MAYO DE 2013 / ACEPTADO: JUNIO DE 2013

La relación entre determinismo y libertad ha estado presente en la reflexión filosófica de todos los tiempos. Diversos pensadores han enfrentado la libertad (o el azar) y la necesidad (o la causalidad) con el fin de analizar si la libertad está presente o no en la conexión entre los procesos y sus resultados, como un modo de diferenciar entre procesos necesarios (o causales) y libres (o azarosos). Los artículos que componen este número monográfico abordan algunos de los interrogantes perennes sobre el determinismo o indeterminismo de la naturaleza, reabiertos en los últimos años con matices peculiares por la física, la biología y las neurociencias a pesar de tratarse de un dilema de índole filosófica.

En la segunda mitad del siglo XX el programa reduccionista aspiró a reducir todas las teorías científicas a una única considerada como fundamental¹. Dentro de este programa es posible distinguir reduccionismos diversos: el reduccionismo semántico (el lenguaje del campo científico reducido se traduce al lenguaje del reductor), el reduccionismo interteórico (las leyes de la teoría reducida deducen de la teoría reductora), el reduccionismo metodológico (el método privilegiado es el de la teoría reductora)². Estos reduccionismos, además, se pueden sustentar desde un reduccionismo ontológico (la teoría reductora contiene el dominio de la realidad de la teoría reducida). En varios de los artículos de esta publicación se verá cómo la tensión reduccionismo/anti-reduccionismo es una de las cuestiones que subyacen en la discusión sobre el determinismo o indeterminismo del mundo natural.

En el debate determinismo/indeterminismo se han utilizado diversas nociones. Por un lado, los términos contingencia, aleatoriedad, emergencia, incertidumbre, libre albedrío o libertad, parecen asumir una visión indeterminista de la realidad. Por otro, las nociones de necesidad, causalidad, legalidad, predictibilidad y fatalismo parecen sugerir un enfoque determinista. Pero ¿distingue la ciencia contemporánea entre estas nociones? Si lo hace, ¿de qué modo lo hace? ¿Cómo contribuye la filosofía a la elucidación de estas distin-

-
1. Cfr. E. NAGEL, *The Reduction of Theories*, en *The Structure of Science* (Routledge, London, 1974) 336-387.
 2. Cfr. L. SKLAR, *Theory Reduction and Theory Change* (Garland, New York, 2000).

ciones? En esta presentación me propongo situar, dentro del multiforme panorama que ofrecen las discusiones contemporáneas, los problemas específicos que se abordarán en los estudios que componen este número monográfico.

El dilema del determinismo como una cuestión metafísica aparece ya en la antigüedad clásica, asociado a la noción de destino inexorable o fatalidad. Sin embargo, una cosmovisión determinista con fundamentos teóricos en la ciencia es una comprensión moderna, concebida a partir de los éxitos predictivos de la física de Newton y de la mecánica racional. La mecánica racional comprendió el mundo como un gran sistema de relojería, cuyos estados evolucionan a partir de un estado inicial de un modo inexorable. En 1814 Laplace formuló hipotéticamente la existencia de una superinteligencia capaz de calcular con la misma precisión lo acaecido y el futuro a partir de una información exhaustiva del universo en un instante cualquiera de su transcurso³. Esta concepción determinista mecanicista prevaleció en la física sin cuestionamientos hasta fines del siglo XIX, cuando los trabajos de Poincaré manifestaron limitaciones intrínsecas en la predicción de la evolución temporal de algunos sistemas mecánicos. Poincaré demostró entonces que no existe una solución analítica no perturbativa que permita resolver el movimiento de tres cuerpos celestes: si bien con el método perturbativo es posible alcanzar una precisión en la predictibilidad de hasta veinte decimales correctos, este método no puede ofrecer mayor precisión que ésta, porque no converge analíticamente⁴.

Así, durante el siglo XX la cosmovisión científica se alejó considerablemente de la imagen determinista del mundo-reloj, asumiendo nuevas modalidades. Por un lado, la consolidación de la mecánica cuántica exigió una revisión del determinismo clásico al introducir la aleatoriedad en el estrato fundamental de la realidad. Por otro, el desarrollo de la física del caos resultó también un obstáculo insalvable para quienes pretendían una predicción unívoca de todo estado futuro en todos los sistemas reales.

3. Cfr. P. S. LAPLACE, *Essai Philosophique Sur les Probabilités* (Imprimeur-Libraire pour les Mathématiques et la Marine, Paris, 1814).

4. Cfr. H. POINCARÉ, *Méthodes Nouvelles de la Mécanique Celeste* (Gauthier Villars, Paris, 1982).

A pesar de sus enormes éxitos predictivos, la mecánica cuántica continúa presentando en la actualidad grandes desafíos a la hora de su interpretación⁵. Si bien la mayoría de sus interpretaciones asumen un marco indeterminista, tampoco han faltado nuevas interpretaciones deterministas como la de Bohm⁶.

Una de las primeras dificultades a la hora de alcanzar una interpretación adecuada de los fenómenos cuánticos se encuentra en el problema de la medición, problema que también manifiesta con nitidez el indeterminismo de la mecánica cuántica. Los enfoques deterministas asumen la existencia de una conexión unívoca entre las propiedades del sistema físico a lo largo del tiempo, pero el problema de la medición revela una peculiaridad de los sistemas cuánticos: éstos no poseen en cada instante todas sus propiedades definidas. Así, para explicar el proceso de medición algunas interpretaciones de la mecánica cuántica asumen un colapso de la función de onda. Sin embargo, como estas interpretaciones también conllevan numerosas dificultades conceptuales, pronto surgieron otras propuestas alternativas, entre las que destaca la decoheren-

-
5. Cfr. entre otros: M. BORN, *Statistical interpretation of Quantum Mechanics*, "Science" 122/3172 (1955) 675-679; B. M. BEVERS, *Everett's "Many-Worlds" proposal*, "Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics" 42/1 (2011) 3-12; O. LOMBARDI y D. DIEKS, *Modal interpretations of Quantum Mechanics*, en E. N. ZALTA (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2012 ed. (2012); L. SMOLIN, *A real ensemble interpretation of Quantum Mechanics*, "Foundations of Physics" 42/10 (2012) 1239-1261; J. FAYE, *Copenhagen interpretation of Quantum Mechanics*, en E. N. ZALTA (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, (2008) <http://plato.stanford.edu/archives/spr2009/entries/qm-copenhagen/>.
 6. Cfr. D. BOHM, *A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables I*, "Physical Review" 85/2 (1952) 166-179; *A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables II*, "Physical Review" 85/2 (1952) 180-193. En 1964 el teorema de Bell probó que no puede existir una teoría de variables ocultas determinista y local que reproduzca las correlaciones predichas por ésta, cfr. J. S. BELL, *On the problem of hidden variables in Quantum Mechanics*, "Reviews of Modern Physics" 38/3 (1966) 447-452. Los argumentos teóricos de Bell fueron confirmados empíricamente por Aspect poco tiempo después, suministrando elementos de peso en contra de una interpretación determinista y local de los resultados cuánticos; cfr. A. ASPECT, J. DALIBARD y G. ROGER, *Expériences basées sur les inégalités de Bell*, "Journal de Physique" 42/3 (1982) 63-80; A. ASPECT, *Bell's inequality test: more ideal than ever*, "Nature" 398/6724 (1999) 189-190; *Quantum mechanics: to be or not to be local*, "Nature" 446/7138 (2007) 866-867.

cia inducida por el ambiente (EID). En este contexto el artículo de Sebastián Fortin, “Medición y decoherencia desde la perspectiva de los sistemas cerrados”, analiza las limitaciones del enfoque de la decoherencia tradicional, proponiendo una nueva formulación para este fenómeno, que aspira a resolver algunas de las dificultades de la perspectiva EID ortodoxa. En la visión del autor los sistemas cuánticos manifiestan un comportamiento clásico en el nivel de los valores medios de ciertos observables, pero nunca se convierten en sistemas clásicos en esta nueva formulación. Así, la comprensión del fenómeno de la decoherencia desarrollado en este artículo pretende dar cuenta de la relación inter-teórica entre la mecánica cuántica y la mecánica clásica, pero sin que esta relación se pueda interpretar como una reducción clásica nageliana.

El desarrollo de las ciencias de la complejidad durante el siglo XX también puso fuertemente a prueba el determinismo mecanicista del siglo precedente. Pues la coexistencia —en los sistemas caóticos— de leyes deterministas no lineales, junto con establecimientos inciertos de las condiciones iniciales del sistema físico, ha hecho imposible la predicción unívoca de la evolución temporal de cada una de las muchas partículas de los sistemas reales. Como en estos sistemas el movimiento de las partículas está regido por ecuaciones muy sensibles a las condiciones iniciales, las trayectorias que siguen dos puntos inicialmente muy cercanos divergen exponencialmente (y no linealmente) con el transcurso del tiempo, de manera que pequeñas incertidumbres iniciales son amplificadas exponencialmente en los sistemas caóticos.

Aún sigue siendo posible sostener un determinismo en la dinámica de los sistemas caóticos, pero exige una interpretación peculiar. Como en los sistemas complejos es posible predecir estadísticamente de un modo holístico los estados futuros, los procesos aparentemente aleatorios macroscópicamente se pueden interpretar como respuestas de leyes deterministas microscópicas subyacentes, responsables estas últimas de restaurar la dependencia temporal unívoca entre los estados del sistema. Si se considera que la estadística tiene la exclusiva función de permitir el tratamiento de sistemas muy complejos con un número enorme de grados de libertad, la probabilidad se podría concebir como la expresión de nuestra ignorancia

acerca de los procesos perfectamente deterministas que siguen un sinnúmero de elementos inobservables⁷. Pero ¿admiten entonces los fenómenos caóticos la coexistencia de un determinismo y de un indeterminismo en diferentes niveles o estratos de la realidad? Si así fuera, ¿cómo debería explicarse esta coexistencia?

El artículo “Determinismo en física: la dimensión de lo posible” aborda directamente esta cuestión. Olimpia Lombardi y Mariana Córdoba distinguen diferentes sentidos del término determinismo, focalizando el interés en el determinismo ontológico. Identifican luego una noción de posibilidad que resulta particularmente relevante para el problema del determinismo ontológico en la física, e interpretan el concepto de probabilidad a partir de ella. A partir de estas clarificaciones, las autoras sostienen que la pregunta sobre el carácter determinista o indeterminista de un sistema físico es una pregunta relativa al tipo de estados y evoluciones definidos por el marco teórico. El indeterminismo no se puede considerar entonces como una mera apariencia, resultado de un conocimiento incompleto del sistema, sino que sería una propiedad ontológica, aunque relativa al tipo de evolución considerada. Sin embargo, como las microevoluciones y las macroevoluciones refieren a estratos diversos de la realidad, sería posible la coexistencia de un determinismo y de un indeterminismo. En la medida en que teorías diferentes explican adecuadamente aquellos fenómenos incluidos en sus dominios de aplicación, las distintas teorías se pueden considerar igualmente objetivas, pues brindan descripciones válidas aunque aplicables a niveles diversos de la realidad. En cambio, cuando sólo se reconoce un único modo objetivo de describir lo real, negando alcances ontológicos al pluralismo teórico, se estaría añadiendo un supuesto adicional fuertemente reduccionista.

Si en el ámbito restringido de la física el determinismo no es comprendido de una única manera, pues muchas veces se identifica el determinismo (propio de una perspectiva ontológica) con la predictibilidad (propia de una perspectiva gnoseológica), la situación se torna aún más difícil en el estudio de los seres vivos. Las leyes

7. Cfr. O. LOMBARDI, *La teoría del caos y el problema del determinismo*, “Diálogos” 33 (1998) 21-42.

dinámicas que describen la evolución temporal de los sistemas físicos brindan una comprensión insuficiente del viviente. Pues los procesos biológicos, a diferencia de los procesos mecánicos, no se encuentran totalmente determinados si sólo se conocen las ecuaciones dinámicas y sus condiciones iniciales.

El indeterminismo fue introducido en las explicaciones biológicas dentro del contexto de los fenómenos complejos y de los procesos de auto-organización⁸. Pero cabe preguntar si los sistemas complejos exigen necesariamente un marco indeterminista. Los trabajos de Andrew Pinsent y de Marta Bertolaso muestran que las ciencias de la complejidad ofrecen perspectivas novedosas para una comprensión más amplia y profunda de la causalidad.

El artículo “*Why matter matters to neo-Aristotelian teleology in mechanics*” de Andrew Pinsent aborda la explicación de los fenómenos complejos desde las cuatro causas aristotélicas. Bajo esta perspectiva, el estudio filosófico de los sistemas complejos manifiesta que las causas que actúan en ellos no se reducen a las fuerzas centrales del problema de los dos cuerpos, ejemplo paradigmático del mecanicismo determinista. En la visión del autor, los extraños atractores que caracterizan los fenómenos caóticos revelan la actuación de causas formales-finales inmanentes, irreductibles a las causas eficientes. Es decir, la consideración de aspectos meramente naturales de los sistemas caóticos estaría manifestando una teleología. Además, el hecho de que los sistemas físicos más simples exhiban una finalidad genuina en sentido aristotélico, hace plausible la aspiración a encontrar también una teleología en los niveles más altos de complejidad. Ahora bien, aunque las posiciones deterministas sólo suelen considerar causas mecánicas, admitir la actuación de una causa final no implica necesariamente la existencia de un indeterminismo en la naturaleza: los fenómenos caóticos no exigen por sí mismos una espontaneidad genuina o la posibilidad de una elección voluntaria, aunque manifiestan que las comprensiones deterministas no brindan una explicación completa del mundo natural.

Las discusiones acerca de la relación que existe entre las micro-evoluciones y las macro-evoluciones pronto se trasladó de la física a

8. Cfr. C. A. HOOKER (ed.), *Philosophy of Complex Systems* (Elsevier, North-Holland, 2011).